

**VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
**ÚSTAV CIVILNÍ LETECKÉ DOPRAVY**

**Bakalářská práce**

**2012**

**Jan Martinik**

**VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**  
**FAKULTA STROJNÍ**  
**ÚSTAV LETECKÉ DOPRAVY**

**Posouzení řešení interiéru kabiny letounu z ergonomického hlediska**  
**Assessment of aircraft cabin interior design from ergonomic point of view.**

Student:

Jan Martinik

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. František Martinec, CSc.

Ostrava 2012

## Zadání bakalářské práce

Student:

**Jan Martinik**

Studijní program:

B3712 Technologie letecké dopravy

Studijní obor:

3708R036 Technologie letecké dopravy

Téma:

Posouzení řešení interiéru kabiny letounu z ergonomického hlediska  
Assessment of Aircraft Cabin Interior Design from Ergonomic Point of View

Zásady pro vypracování:

1. Analýza konstrukčního řešení kabiny letounů
2. Ergonomie klasického řešení kabiny
3. Ergonomie řešení kabiny typu Glass-cockpit
3. Porovnání kabin z ergonomického hlediska
4. Směrování vývoje a další kabin z hlediska ergonomického

Seznam doporučené odborné literatury:

1. Volner, R.: Digitální technologie – Elektronické přístrojové systémy, VŠB-TUO, 2007
2. Kubáň.: BcP.Možné inovace ve využití Glass-cockpitu letadla, VŠB-TUO, 2010.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. František Martinec, CSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Ing. Vladimír Smrž, Ph.D.  
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení

„Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně a uvedl jsem veškerou použitou literaturu a podklady.“

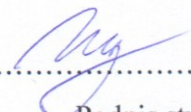
V Ostravě ..... 27. 5. 2012

.....  
Podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářská práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 21. 5. 2012

.....  
  
Podpis studenta

Jméno a příjmení autora práce: Jan Martink

Adresa trvalého pobytu autora práce: Žilinská 1361/34

## **ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

MARTINIK, J. Posouzení řešení interiéru kabiny letounu z ergonomického hlediska: bakalářská práce. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Ústav letecké dopravy, 2012,

Vedoucí práce: Ing. František Martinec, CSc.

Bakalářská práce se zabývá ergonomií v pilotní kabině. V jednotlivých kapitolách je popsáno navrhování nové kabiny pilota vzhledem k ergonomií a používání vývojářského softwaru. Druhá část spolu s třetí se zabývá přechodem z klasické kabiny s jednotlivými přístroji ke kokpitu typu Glass cockpit. Poslední část je věnována vyvíjejícím nebo již používaným novinkám v pilotní kabině.

## **ANNOTATION OF BACHELOR THESIS**

MARTINIK, J. Assessment of Aircraft Cabin Interior Design form Ergonomic Point of View: Bachelor Thesis. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Depart of Air Transport, 2012, Thesis head: dr. František Martinec.

This bachelor thesis deals with ergonomics in cockpit. It describes designing of new cockpit with regard to ergonomics and use of developer software. The thesis also gives an overview of transition from classic cockpit with its instruments to Glass cockpit. Lastly, the thesis describes developing technologies and already used new technologies in cockpit.

# Obsah

0	Seznam použitých zkratk	9
1	Úvod	10
2	Cíle bakalářské práce	11
3	Ergonomie	12
3.1	Navrhování pilotní kabiny	16
3.2	Ergonomické problémy současných letadel	17
4	Komplexní senzomotorická činnost řízení letadla	21
5	Klasické systémy v letadlech	23
5.1	Klasická kabina	23
5.1.1	Basic Six	25
5.1.2	Základní princip fungování primárních přístrojů	25
5.1.3	Klasická kabina - shrnutí	27
6	Moderní prvky a trendy v konstrukci současných letadel	28
6.1	Vývoj skleněného kokpitu	29
6.1.1	Primary Flight Display	30
6.1.2	Multi-Function Display	31
6.2	Zobrazování letových dat	31
6.2.1	Použití barev	32
6.2.2	Skleněný kokpit – shrnutí	32
6.3	Kokpit Boeingu 737 z ergonomického hlediska	33
6.4	Kokpit Airbusu A320 z ergonomického hlediska	36
7	Možné inovace v kokpitu	39
7.1	Head up displej	39
7.2	Synthetic vision systems	39
7.3	Tunel v obloze	40
7.3.1	Realizace letu	41
7.3.2	Okno, jeho rozměr a pozice	41
7.4	Electronic Fly Bag	42

7.5	Fly by wire .....	44
7.5.1	Side-stick.....	44
7.5.2	Control yoke.....	45
7.5.3	Centre stick .....	45
8	Hodnocení cílů.....	47
9	Závěr.....	48
10	Seznam použitých zdrojů.....	49



## 0 Seznam použitých zkratek

ADC	Air Data Computer	Aerometrický počítač
ADS	Automatic Dependent Surveillance	Automatické zobrazení provozní situace
AHRS	Attitude and Heading Reference System	Systémy letové polohy a kurzu
ATOW	Actual Take Off Weight	Aktuální vzletové hmotnosti
CAD	Computer Aided Design	Počítačem podporované projektování
CDU	Control Display Unit	Blok řízení indikátoru
CRT	Cathode Ray Tube	Katodový paprsek
DEP	Design Eye Position	Zorný úhel očí pilota
DHM	Digital Human Modeling	Digitální modelování lidské postavy
EADI	Electronic Attitude Director Indicator	Ukazatel vertikální situace
ECAM	Electronic Centralised Aircraft Monitor	Centrální monitorovací systém letadla
EFB	Electronic Fly Bag	Elektronická dokumentace
EFIS	Electronic Flight Instrument System	Elektronický systém letových přístrojů
EHSI	Electronic Horizontal Situation Indicator	Ukazatel horizontální situace
EICAS	Engine Indication and Crew Alerting System	Indikační a varovný systém motoru
FBW	Fly By Wire	Elektro-impulzivní řízení
FD	Flight Director	Letový povelový přístroj
FMS	Flight Management System	Systém řízení a plánování letu
FPV	Flight Path Vector	Indikátor směru letu
GPS	Global Positioning System	Globální družicový polohový systém
GPWS	Ground Proximity Warning System	Varovný systém před blízkostí země
IAS	Indicate Air Speed	Indikovaná vzdušná rychlost
KLM	Koninklijke Luchtvaart Maatschappij	Nizozemská královská letecká společnost
LCD	Liquid Crystal Display	Displej z tekutých krystalů
MCP	Mode Control Panel	Ovládací panel autopilota
MEL	Minimum Equipment List	Seznamu minimálního vybavení
MFD	Multi Function Display	Multifunkční displej
NASA	National Aeronautics a Space Administration	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
ND	Navigation Display	Ukazatel navigační situace
PDA	Personal Digital Assistant	Osobní digitální pomocník
PFD	Primary Flight Display	Primární letový displej
RAF	Royal Air Force	Vzdušné síly Spojeného království
SID	Standard Instrument Departure	Standardní přístrojová odletová trať
SRTM	Shuttle Radar Topography Mission	Program k vytvoření digitální topografické databáze
STAR	Standard Terminal Arrival Route	Standardní přístrojová příletová trať
TCAS	Traffic Alert and Collision Avoidance System	Systém varování a předcházení kolizím

# 1 Úvod

Technika, i ta nejdokonalejší, by nebyla k ničemu, kdyby ji člověk nedokázal účelně využívat k prospěchu svému a celé společnosti. K tomu, aby jí takto mohl využívat, musí být technika vyvíjena pro lidi, nikoliv obráceně.

Pilot je za letu ovlivňován hned několika faktory. Těmito faktory jsou zejména softwarové vybavení v pilotní kabině, technické vybavení a prostředí, ve kterém se pilot nachází, tím se myslí pilotní kabina samotná. Výsledkem jednoho převládajícího faktoru může pilot udělat chybu, kterou třeba již nelze opravit. Vědní disciplína zabývající se touto problematikou se nazývá ergonomie. Ta by měla brát do úvahy vše, co pilota obklopuje při vykonávání jeho práce a při navrhování pilotní kabiny, softwaru a technického vybavení toto myslet.

Problém ergonomie se v letectví začal řešit již prvními létajícími stroji, ačkoliv konstruktéři si to neuvědomovali, tak vzdálenost řidicích pák a jejich tvar byla otázkou ergonomie. S postupným vývojem letadel a jeho přístrojového vybavení, byly kladeny větší požadavky na ergonomii zejména po skončení válek a začátkem éry komerčního letectví. V současnosti se ergonomie zabývá různými způsoby prezentací dat a informací pilotovi v moderních kokpitech v podobě displejů, jimiž jsou vybaveny. Dále také může řešit polohovatelné sedačky, jejich rozmezí vychýlení, tvar řidicí páky (side-stick, berany), vzdálenost ovládacích prvků, tvary oken i velikost dveří.

Uvědomme si, že špatná pozici při práci znamená její špatný výsledek a u letectví toto znamená dvojnásob.

První kapitola popisuje význam ergonomie a také návrh pilotní kabiny. Druhá kapitola obsahuje popis senzomotorických činností při řízení letadla. Třetí kapitola se věnuje ergonomii v klasické kabině, tedy té s klasickými analogovými přístroji. Čtvrtá kapitola pojednává o kabině tzv. Glass Cockpit, tedy s obrazovkovými displeji. V poslední kapitole jsou popsány systémy a přístroje v pilotní kabině, který buď už jsou v provozu, nebo ve vývoji.

## **2 Cíle bakalářské práce**

Cílem této bakalářské práce není představení všech možných způsobů řešení ergonomie u jednotlivých výrobců, ale má za cíl zhodnotit způsob řešení ergonomie pilotního prostoru zejména v letadlech Airbus a Boeing, jako hlavní zástupce v obchodní letecké dopravě.

### 3 Ergonomie

Slovo ergonomie je definováno z řeckého slova „Ergon“ (práce) a „nomos“ (zákon); český název byl však převzat z anglického slova „ergonomics“. Cílem ergonomie v první řadě je navrhovat zařízení tak, aby výrobky (pilotní prostor a systémy) poskytovali maximální bezpečnost, zvýšili efektivnost práce člověka a komfort při ní. Principy ergonomického designu a konstrukčního řešení sdružují do sebe poznatky průmyslového inženýrství, psychologie, antropometrie (obor zabývající se měřením rozměrů člověka) a biomechaniky (studium muskulární aktivity). V první řadě jde o přizpůsobení pracovního místa a jeho částí, lidským rozměrům a tvarům, jeho síle a omezení.

Řešení ergonomie bere do úvahy i přirozenost a rychlost reakcí a pozornosti člověka. Řeší také, jak člověk zpracovává informace a taky jaká je jeho schopnost jednat při působení psychologických faktorů jako je stres. Ergonomie umožňuje nacházet nejlépe vyhovující designérské řešení výrobku a systémů od těch nejjednodušších, jako je páčka vypínače až po ty nejsložitější, jako například pilotní kabina.

Ergonomické pohledy na člověka a na věci, které používá, jako i ergonomický tvar kombinují nejlepší schopnosti člověka s nejlepšími schopnostmi stroje. Člověk není tak rychlý a nedokáže ani přesně počítat jako stroj. Člověk na rozdíl od stroje musí spát, podléhá únavě, stresu, nemocem, avšak i stroje mají své omezení. Letadlo se neopraví bez zásahu člověka, stroj se těžko adaptují na neočekávané situace, člověk je v tomto přizpůsobivější.

Moderní trendy v technologiích a inženýrství nejsou spojené pouze s výrobou a konstrukcí. Systémový přístup je metodologie rozhodování v projektování, provozování anebo konstruování, která využívá formální interdisciplinární proces anebo týmovou práci odborníků nejen inženýrských disciplín, ale taky právních, sociálních, estetických oblastí včetně studium chování systému.

Inženýři v leteckém průmyslu pracují s vizí letadla jako stroje, ale taky s člověkem tak, aby například bylo jasně určené, jak třeba dané systémy/soustavy/zařízení obsluhovat, aby byly dosažena maximální efektivita.

Všeobecně platí, že i malá změna v umístění ovládacího prvku anebo vzájemná poloha několika ovladačů se často projeví ve velkých změnách produktivity celého systému.

Pilotní kabina je typickým příkladem velmi propracovaným a ergonomicky mimořádně důsledně organizovaným pracovištěm. Na mnohdy velmi malém prostoru se musí

soustředit mimořádně velké množství informací potřebných pro práci pilota a ovládacích prvků mnohých systémů.

Pracovní místo pilota musí být řešené s ohledem na tyto hlavní aktivity pilota:

1. Udržování traťového letu ve zvoleném režimu.
2. Navigování, volba optimální trajektorie letu.
3. Sledování relevantních informací (počasí, provozní povolení).
4. Identifikace a vyhýbání se, případnému, konfliktnímu provozu.
5. Udržování komunikace s letovou provozní službou.
6. Rozhodování o pokračování/změně letu.
7. Obsluha a kontrola systémů letadla.

Systémy pilotní kabiny poskytují informace o navigaci, parametrech letu, stavu systémů a výkonové charakteristiky pohonné soustavy. Indikátory a displeje musí být viditelné z předdefinovaného úhlu pohledu a jejich informace jednoduše interpretované. Polohování sedadel musí poskytnout pilotovi dostupnost všech informací přístrojů a musí také dosáhnout na každý ovládací prvek z jedné polohy sedadla.

Pilot dopravního letadla se spoléhá na sadu přístrojů v kokpitu, které monitorují systémy letadla, při jeho řízení a navigování. Možnost nastavení přístrojů by měla zjednodušovat pilotovi utvářet poměrně složité prostorové povědomí, když pohyb letadla je pohyb o šesti stupních volnosti v trojrozměrném prostoru.

Snižováním počtu přístrojů před pilotem podstatně zvyšuje pohodlí pilota, které vyplývá z pocitu větší jistoty prostorového a polohového podvědomí. Příkladem toho, že i poměrně složité informace interpretovat pilotovi přijatelnou formou, je vývoj systému automatického zobrazení provozní situace ADS (Automatic Dependent Surveillance) na palubním displeji ve filozofii poskytnout pilotovi informace ze systému řízení letového provozu.

Všeobecně platné zásady ergonomického řešení pilotní kabiny jsou:

- Pilotní kabina
  - a její vybavení musí pilotovi dovolit vykonávat práci bez nepřiměřené koncentrace anebo únavy,
  - musí mít k dispozici páky řízení a ovládací prvky, a jejich umístění, musí být takové, aby byli stejně bezpečně ovladatelné z kteréhokoliv pilotního sedadla,
  - a její vybavení nesmí vyprodukovávat žádný hluk ani vibrace, které by mohli rušit pilotovu pozornost.

- Prosklení pilotní kabiny
  - by mělo pilotovi umožňovat dostatečně široký, čistý a nezkreslený výhled,
  - nesmí pilota oslňovat ani rušit odrazy světla, což musí být prokázáno v denních i nočních hodinách. Skla kokpitu musí být vybaveny antiodrazovou vrstvou, která těmto jevům zabrání,
  - musí být konstruováno tak, aby při dešti, sněžení anebo v podmínkách tvorby námrazy pilotovi poskytovalo dostatečný výhled. Skla kokpitu se také nesmí z vnitřní strany zamlžovat.
- Sedadla
  - musí být nastavitelné tak, aby pilot měl dokonalý výhled jak ven z pilotní kabiny tak i na přístroje pod správným úhlem pohledu,
  - jsou anatomicky tvarované, aby poskytovali pilotovi co možná největší pohodlí za letu. Předpisy počítají s předdefinovanou výškovou tolerancí postav pilota a také, že pilot sedí za určitých režimů letu připoutaný bezpečnostními pasy.
- Řídicí páka a ostatní ovládací prvky
  - zejména ovládací prvky musí být umístěné tak, aby nedošlo k neúmyslnému zásahu člověka,
  - měly by být řešené s ohledem na různé polohy sedadla pilota tak, aby je bylo možno ovládat v plném rozsahu možných výchylek,
  - systémy jako jsou například prostředky ke zvýšení vztlaku nebo odporu, ovládání podvozku atd. musí být umístěné tak, aby nedošlo k jejich zaměnění nebo ke společnému ovládání.

V tabulce je přijatý konsensus platný pro řídicí páky a ovládací prvky letadla (jakýchkoliv hmotnosti).

Typ/ovládací prvek		Zásah/pohyb	Reakce
<b>Aerodynamické řízení (primární)</b>	ruční řízení	klonění nebo stáčení doprava	náklon doprava
		klonění nebo stáčení doleva	náklon doleva
	ruční řízení	tahání	klopení na ocas
		tlačení	klopení na hlavu
	nožní řízení	tlak na pravý pedál	zatáčení doprava
		tlak na levý pedál	zatáčení doleva
<b>Aerodynamické řízení (sekundární)</b>	ovládání klappek	dozadu	vysunutí klappek
		dopředu	zasunutí klappek
	podélné vyvážení	otáčení dopředu	nos dole
		otáčení dozadu	nos nahoře
	příčné vyvážení	otáčení doprava	pravé křídlo dole
		otáčení doleva	levé křídlo dole
<b>Systémy</b>	ovládání tahu	dopředu	zvýšení tahu
		dozadu	snížení tahu
	ovládání vrtule	dopředu	zvýšení otáček
		dozadu	snížení otáček
	ovládání podvozku	dole	podvozek je vysunutý
		nahoře	podvozek je zasunutý
<b>Jističe, vypínače, ovladače</b>	na vertikálním panelu	nahoru	zapnuto
		dolů	vypnuto
		doprava	zapnuto
		doleva	vypnuto
	na horizontálním panelu	dopředu	zapnuto
		dozadu	vypnuto
	otáčivé ovládání	ve směru hodinových ručiček	vyšší hodnoty parametru
		proti směru hodinových ručiček	snížení hodnoty parametru

Tab. 3.1. Konsensus platný pro řídicí páky a ovládací prvky letadla

### 3.1 Navrhování pilotní kabiny

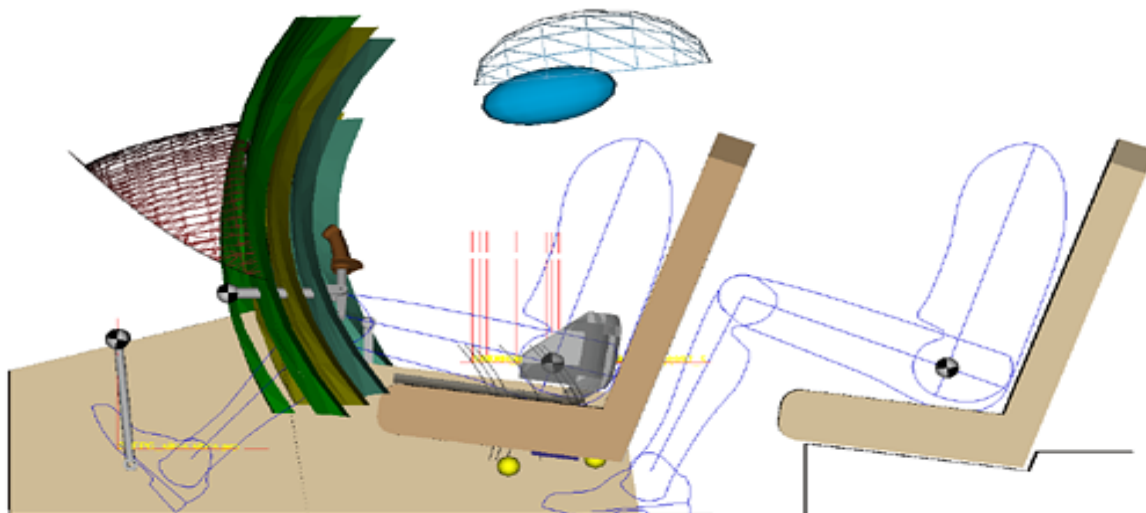
Vyvinout v současné době pilotní prostor, který by splňoval veškeré požadavky potenciálních pilotů (pasažérů) patří k nejnáročnějším a nekomplexnějším inženýrským oborům. Vývojáři musí brát do úvahy spoustu aspektů z různých oblastí techniky (aerodynamika, aeroelasticita, mechanika letu, různé síly které působí na trup, systémy, elektronické jednotky atd.). Ve výsledku mohou vývojáři zapomenout na skutečnosti, že navržený produkt (letoun) bude postaven pro lidi, kteří jej budou nejenom chtít používat, ale také provádět drážbu a opravu.

Cílem při navrhování nového kokpitu je zavést nové metody, které mohou pomoci zlepšit bezpečnost, funkčnost a komfort nového designu letadel. Již zavedené všeobecné ergonomické analýzy mohou být použity i při navrhování interiéru letadla. A pouhým dodržováním těchto zásad v oblasti ergonomie při vývoji, nebudou lidé omezováni pracovním prostředím.

V minulých letech byla ergonomická doporučení založena na údajích získaných z norem. V současnosti k těmto normám se využívají hodnoty z průzkumů mezi piloty a DHM (DIGITAL HUMAN MODELING). Simulace DHM se ukázala být významným nástrojem pro testování, porovnávání různých možností a hledání kompromisů.

Ergonomie letadel je komplexní produkt. Ovšem nejkompexnější element na palubě letadla je sám člověk. Navzdory této skutečnosti se lidský faktor nebere mnohdy v úvahu včas a vznikají ergonomické problémy, s nimiž se potýká pilot i pozemní personál. Správné navržení ergonomie je klíčovým faktorem bezpečného provozu a vede tím i k předcházení chyb a omylů a to jak v běžných tak v mimořádných situacích. Proto je také nutné vzít v potaz lidské potřeby a najít jejich limity. Kabina by měla být navržena s ohledem na různé velikosti uživatele. Toto vše vede ke snížení lidského stresu, únavy a ke zvýšení komfortu, kvality, spokojenosti uživatelů a dobrému jménu společnosti na trhu.





*Obr. 3.2. Obálka prostoru nad hlavou, obálka polohy očí*

Z těchto důvodů, by měl návrh pilotní kabiny začínat umístěním pilotů a pasažérů do komfortní polohy, poté definovat prostorové a funkční požadavky (dosah na ovládací prvky, prostor nad hlavou) a až potom tyto hraniční plochy obalit vlastní konstrukcí letounu.

### **3.2 Ergonomické problémy současných letadel**

Bylo vypořádováno několik zásadních ergonomických problémů v pilotní kabině u současných letadel, například omezený prostor v oblastech nohou, nad hlavou, uspořádání řídicích a kontrolních prvků, nedostatečný výhled atd. Dřív vývojáři brali do úvahy pouze určitou skupinu velikosti populace. Větší piloti se proto setkávají s problémy, které vedou k nepřírodným polohám.

U malých letadel (těch levnější), sedadla obvykle nemají nebo mají nedostatečný rozsah polohování. Existují situace, kdy během letu, pilot zavádí o řídicí páku (knipl) nebo v horších případech pilot nemůže využít celý rozsah úhlu řízení. V opačném případě (u menších pilotů) dochází k nepříjemné situaci, kdy některé ovládací prvky jsou umístěny mimo pohodlnou zónu dosahu, nemohou plně vyšlápnout brzdy nebo nemají dostatečný výhled ven. U starších pilotů se také mohou objevovat problémy při nástupu/výstupu z pilotní kabiny.

Při výzkum prováděný p. Bucklem, P.W. pro letadla B737-200, 747, 757 a Lockheed TriStar, se ukázalo, že 73 % ženské a 13 % mužské britské populace nemá dostatečnou výšky postavy a tedy špatný výhled z letadla, při aplikaci doposud užívaných metodách pro vývoj ergonomie kabiny.

Dále p. Buckle ve své studii poznamenal, že demografický profil obyvatelstva se výrazně vyvíjí. Za posledních 30 let, se velikost mladých lidí zvýšila průměrně o 1 cm / 10 let. Podobná studie na České populaci ukazuje, že za posledních 100 let průměrná výška člověka se zvýšila o 12 cm.

Vývojáři při navrhování nových letadel respektují tyto skutečnosti a při vyvíjení nových ergonomii počítají i s budoucí velikostí populace, vzhledem k dlouhému životnímu cyklu letadla. Hodnoty, s kterými počítají, prezentují rozmezí od 5 % ženskou do 99 % mužskou výšku populace. Při všem se však musí počítat s různými výjimkami, tzn., že potenciální pilot není pouze vysoký, nebo nízký, ale při stejné výšce dvou pilotů, může mít jeden pilot delší ruce a kratší nohy a druhý obráceně nebo různé rozdíly v obvodu pasu (štíhlý/obézní). Tyto rozdíly vedou k různým pozicím posedu a výsledkem může být mj. zhoršená viditelnost z kabiny.

V současné době nejběžnějším přístupem k vývoji ergonomie je reaktivní přístup. Model kabiny je navržen s ohledem na základní standardy a případné ergonomické a funkční problémy jsou často objeveny, jakmile je model testován maketou fyzické osoby. Takovéto testování je samozřejmě nevyhovující s ohledem, na nákladný průběh vývoje do tohoto stádia. Nejlepší možnost jak optimalizovat výrobek je v raném stádiu vývoje, tedy v digitálním prostředí softwaru CAD.

Tato možnost může být využita v praxi pomocí nově vyvinutému 3D DHM softwaru Tecnomatix Jack.

Tento software rozšiřuje možnosti klasického 3D CADu o simulace interakce člověka a stroje. Tyto simulace umožňují nalézt a vyřešit ergonomické a funkční problémy ještě v první fázi vývoje (tzn. v digitální podobě). Software využívá veškeré známé databáze s antropometrickými rozsahy velikostí osob v populaci. Umožňuje rychlé porovnávání více alternativních návrhů a vybrat z nich ten optimální. V digitální simulaci a vizualizaci práce pilota v budoucím kokpitu, mohli konstruktéři, manažeři a potencionální zákazníci vyjádřit své názory na vylepšení.

Původní software Tecnomatix Jack byl vyvinut za podpory NASA na Pensylvánské univerzitě v 80. letech. Dnešní verze tohoto softwaru jsou běžnými ergonomickými softwary ve světových automobilkách a průmyslových podnicích.

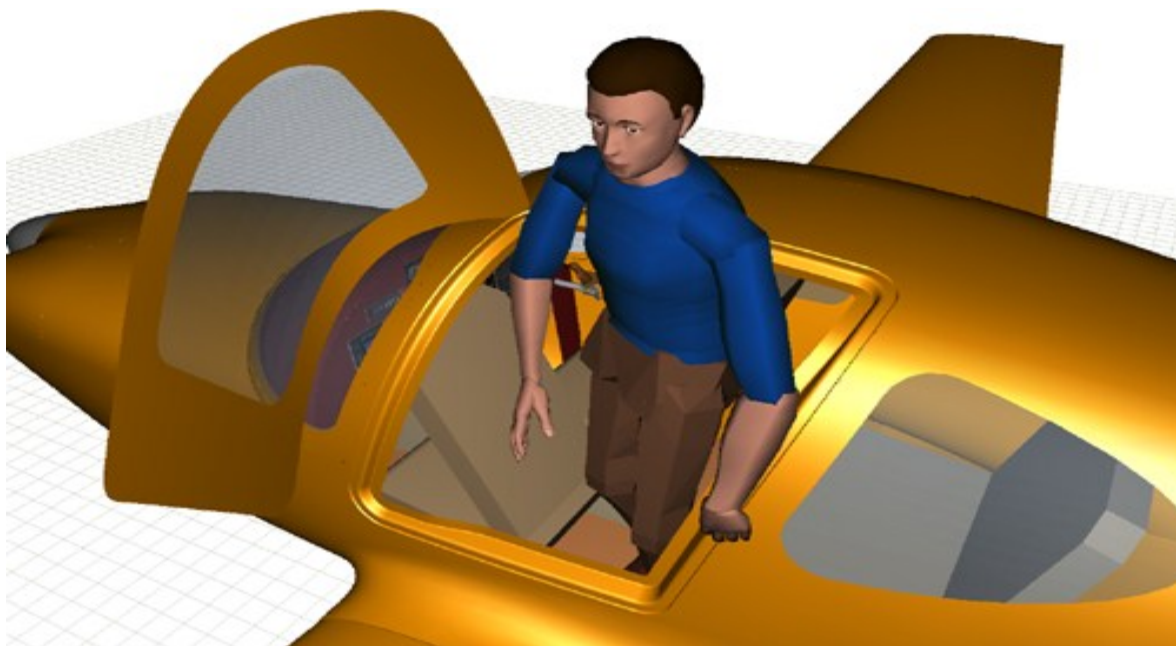
Tecnomatix Jack umožňuje stanovit pevný referenční bod polohy oka tzv. DEP (Design Eye Position) stanovením všech proměnných, jako je posun sedadla, úhel sklopení

opěradla a nastavení pedálů, tak abychom dostali polohu oka do bodu DEP. Tento bod umožňuje výbornou viditelnost ven z kabiny.

Po stanovení referenčních bodů v softwaru Tecnomatix Jack následuje vygenerování polohy různě velkých pilotů a pasažérů pomocí nástroje Posture Prediction, jenž je součástí Tecnomatix Jacku. Tento nástroj vychází z podrobného výzkumu, jak skutečné osoby sedí v různých dopravních prostředcích. Polohy byly ručně upraveny pro specifika kabiny letounu. Po aplikaci tohoto nástroje je možné hodnotit prostorové požadavky a pohodlí pilota a pasažérů, vygenerovat vnější a vnitřní výhledové zóny, simulovat pilotáž a kontrolovat kolize, analyzovat nouzové postupy a provést simulace nástupu a výstupu.

Tento nástroj také poukázal na nedostatek prostoru nad hlavou u většího pilota a zadního pasažéra, kteří nebyli schopni zaujmout pohodlnou polohu bez toho, aniž by se dotýkali stropu kabiny. Výsledkem byla změna tvaru v průřezu kabiny tak, aby v místě hlavy byl co největší prostor. Dále bylo nutné posunout palubní desku blíže k pilotovi, paradoxně totiž velký pilot, který měl sedačku v zadní poloze, nedosáhl bez předklonu na důležité ovladače.

V opačném případě, u menších pilotů, byla upravena nastavitelnost sedačky tak, aby se sedačka při pojezdu dopředu zároveň posunovala nahoru. Ke změně došlo také v uspořádání záložních přístrojů, které byly umístěny v primární zóně pohledu, aby při nouzovém přistání nemusel pilot hýbat hlavou nahoru a dolů, což může zvýšit riziko prostorové dezorientace. Dveře byly navrženy s výřezem z větší částí do stropu kabiny a s otvíráním pod velkým úhlem nahoru a vpřed, čímž se dosáhlo pohodlného výstupu/nástupu.



*Obr. 3.3. Řešení dveří u nových modelů letadel pomocí softwaru Tecnomatix Jack*

Porovnávání různých variant řízení bylo zvoleno řízení typu Side-Stick, u kterého se ukázala řada výhod oproti klasickým beranům. Side-Stick nabízí v první řadě výborný ničím nerušený pohled na palubní desku, kabina je prostornější a umožňuje zaujmout pilotovi pohodlnější pozici v sedačce. V případě nárazu je Side-Stick mimo dráhu těla pilota. V prostředí Tecnomatix Jacku byla nalezena vhodná neutrální poloha Side-Sticku, která byla pohodlná a zároveň nedocházelo ke kontaktu pilotova těla (nohy) se Side-Stickem.

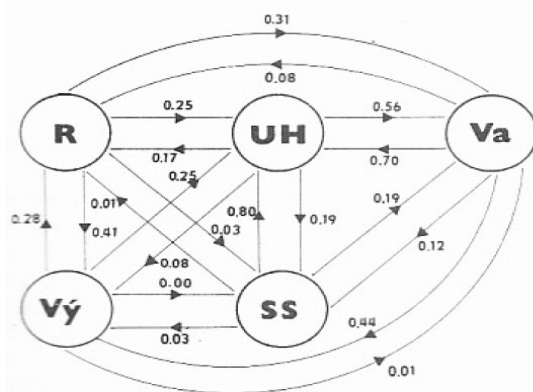


*Obr. 3.4. Návrh řešení řídicí páky v podobě side-sticku u malých letadel*

## 4 Komplexní senzomotorická činnost řízení letadla

V praxi existuje systém sledování – pořadí a frekvence pohledů na přístroje. Dobře vycvičený pilot je schopen v jedné minutě provést 120-130 přenosů pohledů z přístroje na přístroj. To mu dovoluje přijmout informaci i při neracionálním pořadí rozdělení pozornosti. Jakmile se však situace zhorší (např. při nouzovém přistání) pilot, který nemá osvojené hospodárné využití své pozornosti, se může dostat do komplikované situace.

Směry přemísťování pohledu za letu podle přístrojů jsou podřízeny určitým zákonitostem. Frekvence přenášení pozornosti z přístroje na přístroj v závislosti na rychlosti změn daných parametrů. Literatura uvádí výsledky experimentů na zjišťování údajů o přemísťování pohledu pilota mezi jednotlivými přístroji tak, jak je uvedeno na obrázku.



Obr. 4.1. Příklad postupnosti přenášení pohledu pilota mezi pilotážemi přístroji při vodorovném letu

Obrázek uvádí příklad doporučeného přenášení pohledu mezi hlavními pilotážně navigačními přístroji při vodorovném letu. Promyšlené chování vyžaduje zpětnou vazbu jako kontrolu výsledků. Zpětnou vazbu představují vizuální, zvukové, proprioceptivní nebo interoceptivní (tlaky nebo podněty okolí na tělo nebo tlaky a podněty vnitřních orgánů) informace.

Zkušenosti ukazují, že 20 až 50 procent doby pilotáže letadla je bez zrakové kontroly umělého horizontu a variometru. Toto je však možné pouze v případě, že pilot letadlo zná, zná jeho dynamické charakteristiky a na základě toho je schopen předpovídat výsledek řízení.

Získáním vědomostí o aerodynamických silách a které působí na letadlo a pochopení smyslu údajů celého komplexu přístrojů včetně zkušenosti v řízení letadla se u pilota uváří myšlenkový pochod budoucích hodnot parametru letu. Takto zkušený pilot nevnímá informace z přístrojů jako nové, ale pouze zjišťuje známou událost, kterou si z přístrojů

potvrzuje. Takovéto předvídání zkušenému pilotovi šetří čas, který může využít pro jinou činnost nutnou za letu.

Jedním z nejdůležitějších přístrojů, které pilot potřebuje ke správnému řízení letadla je umělý horizont. Umělý horizont indikuje jak úhel podélného sklonu, tak i úhel příčného sklonu letadla. Indikací tohoto přístroje lze určit jeho přesnou polohu vůči skutečnému horizontu.

K udržování stanoveného režimu letu (výšky) přibíráme další kontrolní přístroj, variometr, jako primární pomocný přístroj. V závislosti na letovém manévru, bude záviset kontrola jednotlivých přístrojů pro získání doplňujících informací.

## 5 Klasické systémy v letadlech

Klasickými systémy můžeme označit předcházející a dodnes používané generace přístrojů/systémů. Také tyto systémy můžeme charakterizovat větším množstvím manuálních a rutinních aktivit, které člověk musí vykonávat. Vykonávání těchto aktivit je mnohdy náročné, pilot tak musí zpracovávat velké množství údajů a dělat potřebná rozhodnutí. Správné rozhodování pilota, je spojeno i s únavou, která plyne z rutinních operací, při sledování přístrojů po delší dobu, což je charakteristické pro klasické systémy. Při delších letech (řádově hodin) se únava zvyšuje a současně klesá i pozornost pilota. Snížení únavy pilota přispívá snížením rutinních drobných úkonů, které jsou minimalizovány v dnešních moderních systémech.

Pilotní kabina je pracovní prostředí, ve kterém práce je velmi složitá, dynamická a pod časovým tlakem. Efektivita práce v takovýchto podmínkách znamená přijmout a uplatňovat strategii "zbavit se, časově přizpůsobit anebo přerušit plnění některého úkonu".

### 5.1 Klasická kabina

První letadlo těžší než vzduch, které se skutečně odlepilo od země, je známé pod názvem Flyer zkonstruovaný bratry Wrighty v roce 1903. Pilot Orville Wright ležel v poloze na břiše hlavou dolů. V ruku měl pouze „řídící páky“ pro ovládání řídicích ploch. V té době neexistovaly žádné letecké přístroje. Taková to poloha řízení nebyla příliš pohodlná, a proto v dalších modelech se začaly montovat sedačky v podobě židlí. V polovině 1920, se první primitivní přístroje začaly objevovat na letadle, ale standardizace žádná nebyla. Na obrázku 3.1 je fotografie přístrojů v raných začátcích vývoje. Pilot měl k dispozici následující:



Obr. 5.1. Pilotní kabina z roku 1920

1. magnetický kompas
2. otáčkoměr
3. palivoměr
4. hodiny
5. olejový tlakoměr
6. zatáčkoměr a indikátor skluzu

Vývojem přístrojů se vyvíjela i samotná kabina pro první cestující, kteří seděli uvnitř trupu, aby nebyli vystaveni vnějším vlivům (počasí, ptáci, olej z motoru atd.).

Po roce 1920 také piloti létali v uzavřených kokpitech a mohli se tak lépe soustředit na pilotáž. K dispozici pro zakrytí kabiny pilota byl pouze jeden typ materiálu tzv. guncotton neboli Nitrocelulosa. Jeho nevýhoda je ve velmi rychlé zažloutnutí a extrémní hořlavosti. Plexisklo bylo známo až v roce 1933.

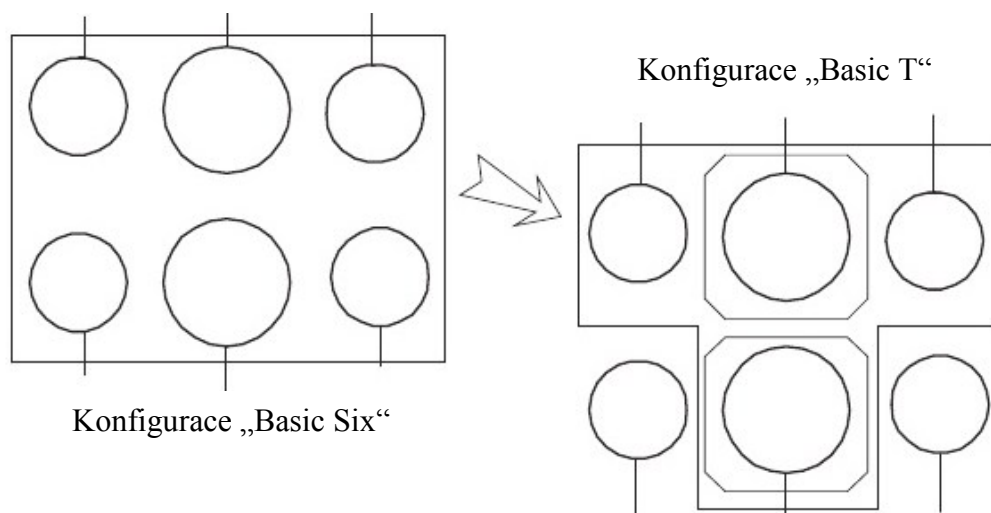
Mezi první letadla, která měla krytou pilotní kabinu patřila například Fokker Trimotor, Lockheed Vega, Junkers W.34. Letadla s otevřenou pilotní kabinou zanikla do roku 1950 s výjimkou cvičných letadel a letadla domácí výroby.

Okna kabiny byla postupem času opatřena sítkou, která chránila proti oslnění sluncem piloty a samotné přístroje, tím se staly lépe čitelnějšími. Proti zamlžením a vzniku námrazy na čelních sklech se do skla instalovaly kovové mřížky, do kterých byl přiveden proud. Mřížky měly velký odpor a vyzařovaly teplo, jimž se ohřívalo samotné sklo. Nyní se již nepoužívají mřížky, nýbrž mezi jednotlivé vrstvy skel se přidává elektricky vodivý transparentní gel a na okrajích oken jsou malé elektrické kontakty, jimiž se opět gel zahřívá a tím zahřívá i celé okno.

Ve většině pilotních kabin se k řízení letadla, tedy jeho sklonu a náklonu používá knipl - berany. Tento knipl je propojen s řídicími prvky letadla pomocí táhel a závaží, jenž pro překonání odporových sil musí pilot vynaložit mnohdy značné úsilí. V současné době se však u některých dopravních letadel, zejména u těch větších, používá řízení tzv. „Fly By Wire“, tedy řízení přes elektronické kontakty. Spolu s tímto typem řízení je i vyvinut tzv. „Side-Stick“. Side-Stick nahrazuje klasický knipl a díky elektronickým kontaktům se snižuje i fyzická náročnost na pilotování velkých dopravních letadel.

Uspořádání pilotní kabiny prošlo normalizací, aby se unifikovalo rozmístění jednotlivých přístrojů mezi jednotlivými výrobci letadel na celém světě. Tato normalizace obsahovala i uspořádání šesti primárních přístrojů tzv. „basic six“ později „basic T“. Basic T je rozložení přístrojů, jenž bylo vyvinuto v roce 1937 RAF (Royal Air Force – Vzdušené síly Spojeného království). Při navrhování rozložení přístrojů se převážně dbalo na optimalizaci pilotovy pozornosti na jednotlivé přístroje.





Obr. 5.2. Grafická podoba rozložení primárních displejů v pilotní kabině

### 5.1.1 Basic Six

Šestici základních přístrojů, tzv. primárních obsahuje tři přístroje, které jsou napojeny na pitotovu trubici, tzv. pitot-statické a tři které jsou napojeny na setrvačník, tzv. gyroskop. Primárními přístroji tedy jsou:

1. Umělý horizont (gyro)
2. Zatačkoměr (gyro)
3. Kompas (gyro)
4. Rychloměr (pitot)
5. Výškoměr (pitot)
6. Variometr (pitot)

### 5.1.2 Základní princip fungování primárních přístrojů

*Rychloměr* – využívá obou rozvodů v pitotově trubici, rozvod statického tlaku a celkového (dynamického i statického) tlaku. Do vnitřku tlakoměrné krabice je přiveden celkový tlak. Do tělesa přístroje je přiveden statický tlak. Rychloměr je diferenční tlakoměr, měřící rozdíl mezi celkovým a statickým tlakem. Stupnice rychloměru je cejchovaná v rychlostních jednotkách – km/h (eventuálně v knotech – námořní míle za hodinu). Rychloměr ukazuje INDUKOVANOU VZDUŠNOU RYCHLOST (neboli IAS). Pro zjednodušení čtení rychloměru jsou kritické rychlosti zvýrazněny barevnými oblouky na stupnici.

*Výškoměr* - do těla přístroje je přiváděn statický tlak, stejně jako do variometru. Aerometrické výškoměry jsou měřice statického tlaku s korekcí na barometrický tlak a teplotu. Výškoměry dělíme podle měřené veličiny (feetové – tří ručičkové, metrické – dvouručičkové).

*Variometr* – je diferenciální tlakoměr, který je schopen změřit rychlost změny tlaku. Běžně používané variometry jsou cejchovány v m/sec, s nástupem anglosaských jednotek jsou cejchovány ve feet/min.

*Směrový setrvačnick* – jeho hlavní částí je setrvačnick s horizontální osou otáčení, jenž je elektricky roztočen. Směrový setrvačnick slouží k indikaci směru letu. Na rozdíl od magnetického kompasu nemá inklinace na směrový setrvačnick vliv. Správná indikace přístroje je podmíněna správnému nastavení horizontální osy setrvačnicku ve směru sever-jih.

*Umělý horizont* –přístroj, který měří podélný a příčný sklon letadla a informace o nich zobrazuje na vzájemné poloze dvou symbolů – symbol letadla a symbol horizontu. Základní částí umělého horizontu je setrvačnick se třemi stupni volnosti a vertikální osou rotace, který udržuje svoji polohu v prostoru.

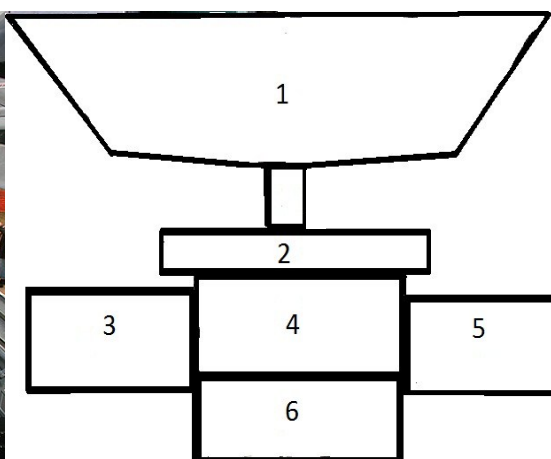
*Zatáčkoměr* – slouží k indikaci zatáčky letadla a tím i provedení správné zatáčky. Tento přístroj využívá vlastnosti roztočeného setrvačnicku zavěšeného v rámečku. Může být poháněn elektrickým proudem, nebo pneumaticky. K tlumení kmitů se používá pneumatické tlumící zařízení

Potřeba standardizovat rozmístění přístrojů na palubní desce vyplynulo z požadavků na zvýšení bezpečnosti. Před touto standardizací docházelo k dezorientaci pilota mezi jednotlivými přístroji při přechodu z jednoho typu letadla na druhé. Uspořádání ovládacích panelů v kokpitu dopravního letadla se do značné míry stalo jednotné v rámci celého letectví. Většina systémů souvisejících s ovládacími prvky (např. radiostanice, ovládání světlometů, ovládání radiokompasu) jsou umístěny na stropním panelu. Ovládací prvky paliva, připustí motoru, podvozku je umístěno na středovém panelu mezi piloty. Ovládání autopilota je obvykle umístěno do prostoru mezi čelním sklem a hlavním panelem přístrojů. V levém panelu se nachází např. odpovídač sekundárního radaru, spouštění motorů na zemi, osvětlení v letadle, kabiny pilotů a přístrojů. Ve středové části přístrojové desky je umístěn např. indikátor úhlu vysunutí klapky, indikace teploty výstupních plynů, otáčkoměry, ukazatelé tlaku paliva, oleje a teploty oleje. V pravém bočním panelu je umístěno nouzové vypouštění paliva, vyhřívání motorů na zemi, regulátor tlaku klimatizačního systému. Na páce řízení obou pilotů se nachází např. vypínání autopilota, ovládání podélného vyvážení.

Klasické pilotní kabiny byly postupem času vybaveny obrazovkovými displeji, zejména obrazovkami typu CRT neboli displej se žhavenou obrazovkou (catode – ray tube). Tento typ obrazovky funguje na stejném principu jako televizní obrazovky a představovaly první pokrok a udali směr vývoje v zobrazování informací. CRT obrazovky a klasické přístrojové desky jsou dnes již zcela nahrazeny elektronickými displeji, jež jsou konstruovány tak, aby jednak ušetřili místo na palubní desce a také celkovou hmotnost letadla.



Obr. 5.3. Kokpit Boeingu 737 classic



Obr. 5.4. Grafické rozložení informací v kokpitu B737 classic

- 1 Radiostanice, ovládání světlometů, ovládání radiokompasu
- 2 Autopilot a jeho ovládání
- 3 Pilotážní přístroje kapitána letadla
- 4 Motorové přístroje
- 5 Pilotážní přístroje co-pilota
- 6 Ovládání připustí a tahu motoru

### 5.1.3 Klasická kabina - shrnutí

Kabina s klasickými přístroji, tedy těmi analogovými byla provozována do začátku 70. let minulého století. S takovou podobou kabiny bylo možné létat kamkoliv a téměř za jakýkoliv povětrnostních podmínek. Až nástupem nových technologických postupů a materiál (po roce 70) se rozvoj kabiny a její ergonomie zase rozvíjel do digitální podoby.

## 6 Moderní prvky a trendy v konstrukci současných letadel

V pilotní kabině moderních letadel, již nelze najít nějakou podobnou konfiguraci s palubami před 30 – 40 roky a už vůbec je nemůžeme srovnávat s kabinami letadel, která létala po druhé světové válce. Nový vzhled pilotní kabiny je vlivem rostoucí automatizace, která změnila úlohy při řízení letadla zjednodušením některých úloh a odstraněním funkcí, které bylo nutno zastávat dalšími členy posádky, jako byl navigátor, palubní inženýr. Takovýto krok přispěl k otevření nových možností ve zvyšování bezpečnosti za letu.

Jelikož automatizace z velké části mění způsob řízení, je nutné řešit další problémy, které jsou s tímto procesem spojené. Nepochybně je s tímto spojené i samotný výcvik a jeho potřeby, které musí být vyřešeny ještě před tím, než se nové technologie zavedou do praxe. Letecké školy nemají jednotný názor, jak by měl výcvik pro budoucí potřeby kvalifikace posádek moderních dopravních letadel vypadat. Některým výcvikovým centrům přijde použití klasických metod s přeměnou na řízení pomocí Fly-By-Wire systém s mnoha metodickými skoky. Na druhé straně však je výcvik v klasickém kokpitu mnohem populárnější.

V souvislosti s tímto jsou spojeny problémy nesrozumitelnosti a příliš velká složitost přístrojů rostoucím problémem. Jak roste automatizace procesů v řízení a důvěra systému, tak klesá úroveň porozumění systémů pro posádku. Při vývoji takto složitých systémů jako je například FMS (Flight Management System) je důležité seznamovat s těmito systémy všechny zainteresované osoby (piloti, pracovníci údržby letadla).

Jedním z potenciálních nebezpečí z hlediska lidských faktorů vlivem rostoucí automatizace je riziko homeostaze, což je proces rovnoměrného redukování rizika, například cestou určování množství nebezpečí využíváním krajních mezí postupů nebo zařízení. Příkladem může být silnice, kterou neznáme. Při prvním projíždění řídíme opatrně a dodržujeme všechny předpisy. Pokud po silnici jezdíme častěji vlivem pocitu, že jí známe, cílevědomě roste naše sebevědomí a mění se naše stupnice hodnocení rizika. Složitá situace podobná této je vlastností systému, které zavádí do letového provozu nové technologie určené na zvýšení hranic bezpečnosti. Na druhé straně, jejich používání je příležitostí jak zvýšit přijímané rizika. Například systém TCAS (Traffic Alert and Collision Avoidance System), kterým jsou vybaveny všechny velké dopravní letadla. Systém má za cíl podat pilotovi zprávu o polohách jiných letadel v blízkosti jeho letadla, má za úkol poskytovat dostatečnou rezervu bezpečnosti v případech, kdy řízení letového provozu není schopné zajistit správné rozestupy mezi letadly.

Automatické bezpečnostní zařízení jsou typickou ukázkou toho, jak ergonomie dosahuje potřebné prevence proti výskytu známých chyb. Řešení je vidět na pasivních opatřeních, jakými jsou různé tvary ovládacích prvků anebo na aktivních opatřeních, jako je protistrážkový systém (TCAS) a systém pro varování blízkosti země (GPWS).

Přes velké výhody automatizace, je třeba se zajímat i doprovodnými problémy v souvislosti s její spolehlivostí, hlavně podáváním falešných varovných zpráv. Systémy jako složitý GPWS, který měl sklon k vytváření falešných zpráv zejména v prvních generacích.

## **6.1 Vývoj skleněného kokpitu**

Před rokem 1970, nebyla letecká doprava na takovém stupni náročnosti, která by požadovala zavést elektronické systémy. Výpočetní technika samotná nebyla na dostatečné úrovni, její váha, velikost a spolehlivost nebyla dostatečná k tomu, aby byla sériově instalována do letadel. Rostoucí velikost a složitost dopravních letadel, vedlo k nástupu digitálních systémů.

Průměrný dopravní letoun v polovině 70. let měl více než sto přístrojů a ovládacích prvků, primární letové přístroje byly již plné ukazatelů, příček a symbolů. Pilot nedokázal tak velké množství přístrojů sledovat a často docházelo k chybám a následně haváriím.

NASA byla první organizace, která se začala zabývat využitím elektronických letových displejů. Proto začala vyvíjet displeje, které by mohly zpracovávat letové informace ve sloučených a snadno srozumitelných obrazech o letové situaci. Už v roce 1974 NASA navrhla první koncept skleněného kokpitu, který byl použit z bezpečnostních důvodů pouze na straně kopilota, kapitán měl stále k dispozici klasické analogové přístroje. Po prvních testovacích letech NASA s tímto prototypem zaznamenala úspěch a prvním letadlem vybaveným první generací skleněného kokpitu bylo MD-80.

V 90. letech byly obrazovky typu CRT, ze kterých vzešel samotný pojem „glass cockpit“, nahrazeny novými LCD panely, které byly mnohem účinnější, spolehlivější a lehčí. První generace LCD obrazovek trpěla špatnou čitelností z některých zorných úhlů a kvůli jejím dlouhým odezvám nemohly být nainstalovány do letadel. Tyto problémy byly v dalším vývoji odstraněny, zajištěním nastavitelnosti míry podsvícení a kvalitní antiodrazovou úpravou povrchu. Takovéto displeje byly instalovány v nových letadlech např. B737NG a A320.

Jak se modernizovaly samotné displeje a jejich funkce (mody), modernizovaly se také senzory, ze kterých informace získávaly. Tradiční gyroskopické letové přístroje byly

nahrazeny referenčními systémy letové polohy a kurzu (AHRS) a aerometrický systém (ADC). Tyto systémy a počítače zvyšují celkovou spolehlivost přenesených dat a snižují jejich náklady a údržbu samotnou. Nedílnou součástí takovýchto kokpitů jsou i přijímače GPS.

Skleněný kokpit se stal standardním vybavením všech dopravních, obchodní a vojenský letadel. Po roce 2005 se začaly používat tzv. polo skleněné kokpity a to u letadel pro soukromé, sportovní létání. Dnes již dokonce většina výcvikových letadel (Piper Cherokee a Cessna 172) jsou taktéž vybaven skleněným kokpitem.

Skleněné kokpity se mohou obecně skládat z několika displejů, zejména se však používají dva. První displej slouží k zobrazování letových veličin, tento displej se nazývá PFD (Primary Flight Display). Druhý je MFD (Multi-Function Display), jenž zobrazuje ostatní důležité informace v závislosti na tom, které pilot potřebuje zobrazit. Pilot většinou volí zobrazování motorových veličin a GPS mapu.

Z technického hlediska zobrazování pomocí dvou displejů je výhodné, zejména při selhání jednoho z nich. V takovém případě se informace z jednoho displeje zobrazí na druhém funkčním displeji v minimálně pozměněném tvaru, jako v případě zobrazení letových veličin na multifunkční displej.

### **6.1.1 Primary Flight Display**

Tento primární letový displej je umístěn v závislosti na nejlepší viditelnosti, přímo před pilotem na palubní desce. Umístění displeje vycházelo z dříve známého rozložení primárních letových přístrojů, vyvinuto RAF. Primární letový displej zobrazuje nejdůležitější letové veličiny, které svou podobou odpovídají klasickému umělému horizontu ve své analogové podobě. Současně se na obou stranách displeje zobrazuje rychlost (sloupec vlevo) a vertikální rychlost (sloupec vpravo). Ke zvýšení čitelnosti těchto údajů přispívá různá míra průhlednosti sloupců s posuvnou stupnicí. Firmy, které vyrábějí a vyvíjí tyto displeje, si dále mohou zvolit, které další informace budou zobrazovány ve spodní části takového displeje. Obvykle se zde zobrazují navigační informace. Součástí displeje jsou tlačítka umístěné na bocích, kterými si pilot volí zobrazování jednotlivých informací.

Otočnými kolečky, kterými je displej také vybaven, můžeme nastavit záložky na jednotlivých indikátorech, které slouží pilotovi usnadnit let. Tyto záložky si pilot nastaví na hodnoty, kolem kterých by se měl v průběhu letu pohybovat.

### **6.1.2 Multi-Function Display**

Multifunkční displej, který je umístěný po pravé straně primárního, zobrazuje informace, které nejsou pro okamžité vyhodnocení situace moc důležité. Proto je umístění voleno v nepřímém pohledu pilota

Tento displej slouží pilotovi zobrazovat více funkcí, různá data dle požadavků pilota. Informace, které budou zobrazována na displeji, volí pilot pomocí tlačítek, které jsou opět umístěny po obvodu displeje. Funkčnost tlačítek je odlišná, v závislosti na popiscích vypsanych na displeji v blízkosti daných tlačítek. Některé vyráběné displeje nabízí už předdefinované funkce zobrazení, takzvané stránky (mapa, doprava, cesta, nejbližší objekty, motor, atd.).

V případě zobrazování motorových veličin jsou nejdůležitější informace zobrazovány indikátory, simulující analogové přístroje. Ostatní údaje například o teplotě a elektrické informace jsou pilotovy vynášeny na sloupcový graf. Spotřeba paliva je pilotovi indikována pouze číselnou hodnotou. Důležitost zobrazovaných veličin odpovídá i míře užitečnosti daných údajů, hodnoty, které je nutné kontrolovat a nepřesáhnout jejich omezení je, stejně jako u analogových přístrojů, barevně vyznačeno jejich normální a rizikový rozsah.

## **6.2 Zobrazování letových dat**

Pro zobrazení dat existuje několik technických i fyzických podmínek, které musí být splněny pro umístění do letadla. Softwarová stránka návrhu displeje se zabývá zejména přehledností zobrazovaných dat a jejich čitelností za jakékoliv situace. Forma změny číselných hodnot je také třeba zajistit vhodným způsobem. V případě rychloměru, ve kterém se poslední číslice mění poměrně vysokou frekvencí, je zobrazování pomocí skokových změn nevyhovující. Mnohem vhodným způsobem jak tuto změnu indikovat je vynesení hodnot na otočný disk, který se při změně postupně otáčí (tento princip je opět znám z analogových přístrojů).

Kontrast všech zobrazovaných informací je nejdůležitější právě v případech, kdy situace je značně zhoršena. S kontrastností je spojeno i velikost písma a číslic. V případě, že některý z barevných kanálů vypadne, musí být také zajištěna čitelnost všech informací.

Softwarový návrh musí řešit také, jak bude porucha některého zařízení interpretována pilotovi. Upozornění by však mělo být závislé na míře závažnosti. Pokud se bude jednat o závadu na jednom ze zdrojů informací, který lze nahradit, pilotovi se podá zpráva pouze ve

tvaru štítku na jiné obrazovce. V případě závady na jiném nenahraditelném zdroji informací se tento ukazatel označí červeným přeškrtnutím daného ukazatele.

### 6.2.1 Použití barev

Barvy lze rozlišit důležitost indikovaných informací. V případě varování o podobné důležitosti u různých informací by měl být barvy sjednoceny. Celkové množství barev, které jsou svázané s daným kontextem, by nemělo přesáhnout celkem 6 barev vyjímajíc bílou, černou a šedou. Následující tabulka obsahuje základní výčet použitých barev v označování různých varování.

Význam barvy	Použitá barva
Varování	Červená
Systémová omezení	Červená
Hranice letové obálky	Červená
Stupnice a údaje na ní	Bílá
Země	Hnědá, žlutohnědá
Obloha	Tyrkysová, modrá
Hodnoty veličin	Bílá
Zarážky na indikátorech	Fuchsiová

*Tab. 6.1. Základní výčet použitých barev v označování různých varování*

Inovace, které lze zaznamenat již v současné době je rozšíření podoby umělého horizontu o systém syntetického vidění, tedy zobrazování trojrozměrného modelu krajiny na pozadí umělého horizontu. Tento model odpovídá skutečnému povrchu, nad kterým se letoun nachází. Syntetické vidění získává informace o podobě terénu ze systému GPS, v souvislosti s těmito informacemi je pilot lépe varován před kolizí s terénem, v případě špatné viditelnosti za letu. Systém rovněž zobrazuje mnoho dalších informací (překážky, poloha letiště, letovou cestu atd.).

### 6.2.2 Skleněný kokpit – shrnutí

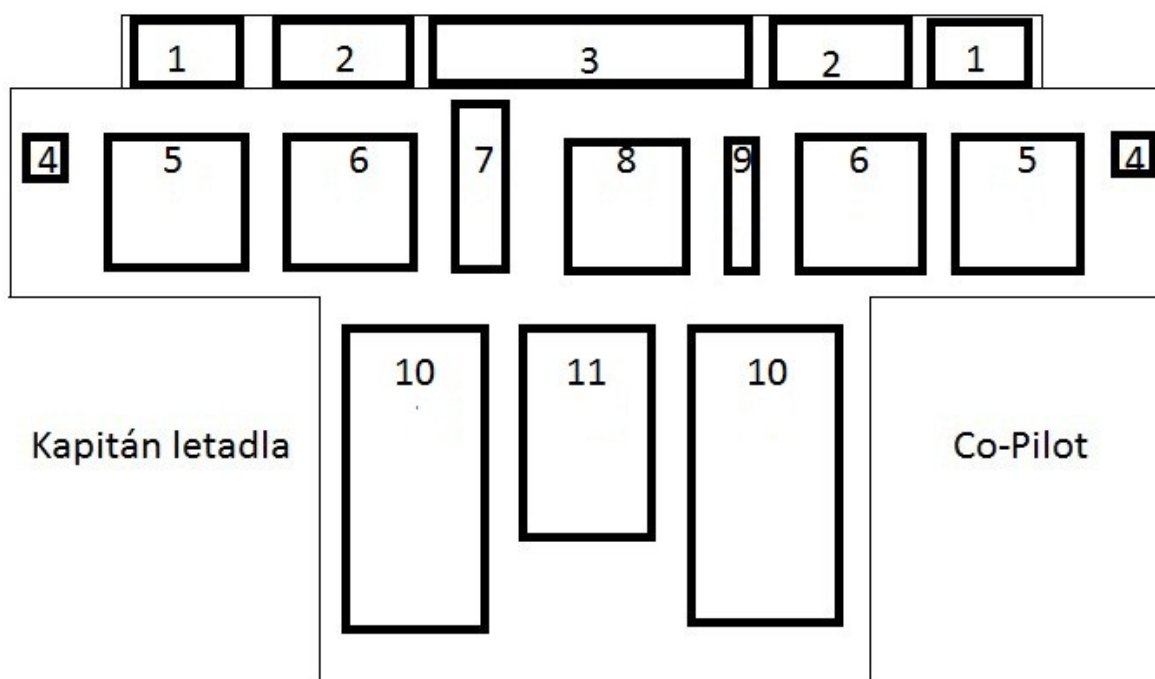
V 70. letech došlo k velkému zvratu v oblasti nových technologií použitelných v letectví. V první řadě to byly obrazovky, které jednak šetřili místo a váhu a pro pilota z ergonomického hlediska byly příjemnější. Pilot po část letu nemusel sledovat několik přístrojů rozložených na palubní desce, ale veškeré informace potřebné pro let měl na displeji zobrazující několik přístrojů najednou. Vývoj tímto směrem přispěl k celkové bezpečnosti letu i přes zvýšení komfortu pilota za letu.



### 6.3 Kokpit Boeingu 737 z ergonomického hlediska



Obr. 6.2. Kokpit Boeingu 737NG



Obr. 6.3. Grafické rozložení přístrojů a informací v B737 NG

- 1 EFIS – ovládací panel
- 2 Mode Control Panel (MCP)
- 3 FCU – Flight Control Unit (autopilot)

- 4 Palubní hodiny
- 5 Obrazovka letového ukazatele (EHSI)
- 6 Obrazovka navigačního ukazatele (EADI)
- 7 Záložní umělý horizont, výškoměr s rychloměrem
- 8 a 11. Displej EICAS – Primární a sekundární motorové veličiny
- 9 Ovládání podvozku
- 10 FMS

*EFIS (ovládací panel)* – pomocí ovládacího panelu mohou piloti pomocí módů volit informace, které se zobrazí na EHSI a EADI.

*Mode Control Panel (MCP)* – přístrojová deska, pomocí které se ovládá autopilot a s ním související systémy. Nastavuje se na něm indikovaná rychlost, kurz, výška, rychlost stoupání.

*EADI* – nebo také PFD, je displej vertikální situace, zobrazuje podélný a příčný náklon. Současně jsou zobrazovány informace podle nastavení EFIS modu.

*EHSI* – sekundární displej nebo také ND, je displej pro zobrazování horizontální situace, součástí jsou módy pro zobrazení navigačních informací.

*EICAS* – systém shromažďující a vyhodnocující informace o motorech, které jsou následně zobrazeny na displejích (primární, sekundární).

*FMS* – je systém pro ovládání výkonových charakteristik letadla, plánování letu, kompletní navigaci, součástí FMS je i CDU, displej, na kterém se ukazují veškerá data zadaná pilotem přes alfanumerickou klávesnici (součást FMS).

Při prvním pohledu do kabiny pilota si lze všimnout sloupku řízení s klasickými berany, které jsou charakteristické pro kokpit Boeingu. Na berany lze upevnit přistávací nebo odletovou mapu (SID a STAR). Jak si lze všimnout základní rozdíl mezi B737 classic je umístění dvou displejů (PFD, MFD) vedle sebe nikoliv pod sebou jak tomu bylo. To umožnilo zabudování mnohem větších displejů každý s velikostí 18 centimetry. Tyto dva displeje má každý pilot, vyplývá to z důležitosti a také z dřívějšího rozmístění indikátorů definované RAF. Displej, který je pro oba piloty společný, proto je umístěn ve středu předního panelu, zobrazuje primární motorové veličiny. Ten jak si lze všimnout je stejné velikosti jako PFD a MFD.

Kromě Displejů může být B737 vybaven i třemi primárními přístroji umístěnými pouze na straně kapitána letadla vedle multifunkčního displeje (MFD) pracující na analogovém principu, ty ovšem slouží pouze jako záloha při výpadku elektrické energie. Po celé délce tohoto předního panelu je nad všemi displeji umístěno ovládání displejů

s motorovými veličinami, kontrolní světelné hlášení podvozku a brzd. Oba piloti mají u nohou CDU (Command display unit), které funguje jako rozhraní mezi pilotem a počítačovým systémem letadla. Mezi oběma jednotkami CDU je umístěn displej, který zobrazuje sekundární veličiny motorů. Tak jako v případě displeje s primárními veličinami je tento displej pouze jeden a uprostřed pro viditelnost z obou stran pohledu pilotů.

Páky pro řízení tahu motorů jsou umístěny vedle pilotů v prostředním panelu. Pod panelem ovládání motorů se nachází panel pro radiokomunikaci. Na rozdíl od společnosti Airbus je tento panel umístěn více vzadu, což pro piloty znamená méně rušivých signálů z osvětlení displejů a tedy větší koncentrace na důležité ukazatele a displeje.

Autopilot a jeho ovládání je umístěno standardně pod čelním sklem a na bocích je umístěno ovládání EFIS (PFD a ND). Na tomto panelu ovládáme módy, jednotlivých displejů. Na základě nastavení pilota se pod těmito módy zobrazují předdefinované letové informace.

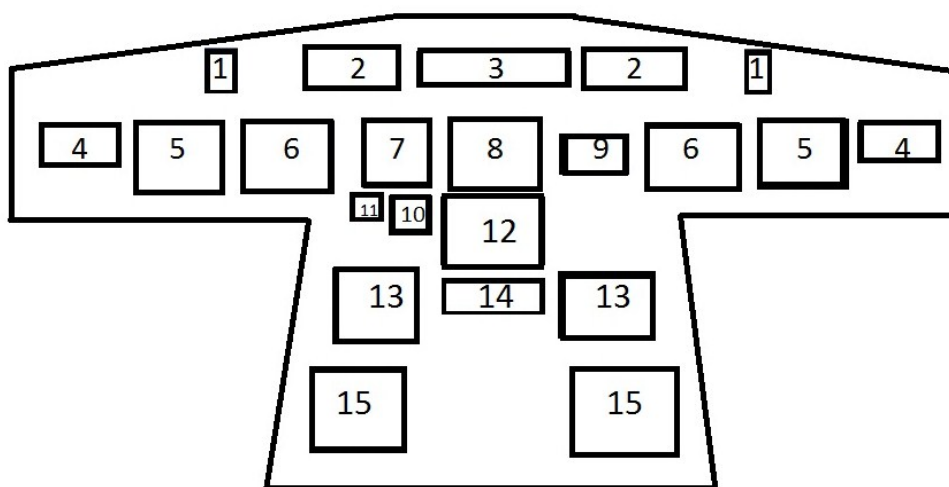
V závislosti na požadavcích zákazníka lze autopilota vybavit třetím kanálem, který ovládá směrové kormidlo včetně podpory tahu.

Novější modely jsou v poslední době vybaveny taky elektronickou dokumentací tzv. EFB (viz. v poslední kapitole). Elektronická dokumentace v podobě displeje je umístěna na vnější straně obou pilotů, přesněji u jejich kolen.

## 6.4 Kokpit Airbus A320 z ergonomického hlediska



Obr. 6.4. Kokpit A320



Obr. 6.5. Grafické rozložení přístrojů a informací v A320

- 1 Světelná varovná signalizace
- 2 EFIS – ovládací panel
- 3 FCU – Flight Control unit (autopilot)
- 4 Nastavení jasu displejů
- 5 EHSI
- 6 EADI

- 7** Záložní přístroje (umělý horizont, výškoměr)
- 8** Displej motorových veličin
- 9** Indikátory podvozku, ovládání podvozku
- 10** Digitální indikátor vzdálenosti
- 11** EGPWS
- 12** Displej pro varovné zprávy
- 13** FMS
- 14** Panel spínačů a vypínačů
- 15** Rádio

Rozměrově je pilotní kabina A320 větší, prostornější a více ergonomická, ovládání systému je celkově jednodušší. Kokpit Airbusu je na první pohled odlišný od Boeingu tím, že nepoužívá tradiční ovládací prvek a to sloupek s berany. Na rozdíl od něj používá side-stick, který je umístěn na vnějších stranách kokpitu. U tohoto způsobu řízení není pilot omezen svou velikostí v případě maximálního přitáhnutí beran jako u Boeingu.

Stejně jako u B737 jsou zde umístěny displeje s primárními letovými informacemi/veličinami a také navigační displej. Mají však menší velikost o 2 centimetry (tedy 16 centimetrů). V novějších typech A320 se nepoužívají žádné analogové přístroje jako záloha v případě výpadku některého displejů jak tomu bylo u B737NG. Konkrétně však na této fotografii jsou tyto přístroje analogové, zejména se to týká primárních přístrojů (umělý horizont, variometr a rychloměr). Pro přiblížení Airbus nepoužívá FD (flight director – povelový přístroj), ale indikaci trajektorie letu FPV (flight path vector), jenž poskytuje pilotovi informaci o aktuálním snosu a sestupovém úhlu letadla. Na stranách PFD obou pilotů je ovládání jasů obou displejů na rozdíl o B737NG, který toto ovládání měl pod displeji. Lze si tedy všimnout, že uspořádání všech ovládacích prvků je v podobě svislých čar, kdežto u B737 NG přistoupili vývojáři k podélnému uskupení všech ovládacích prvků.

Autopilot v letadlech Airbus je velmi podobný jako na letadlech Boeing. Objevují se ale rozdíly ve filosofii a metodice jeho používání, jedná se zejména v situaci přístrojového přiblížení. Autopilot v Airbusu je schopen vyvažovat směr, v případě selhání jednoho motoru a díky této koncepci i s takovýmto letadlem přistát.

Jedna z dalších odlišností od Boeingu jsou nepohyblivé páky ovládající tah motoru, které při zapnutém automatickém tahu zůstávají po většinu letu na pozici CLIMB (pozice, která je definovaná jako maximální stoupací režim). Vzhledem k tomu nemá pilot žádnou

kontrolu v podobě zpětné vazby. Musí se tedy spolehnout pouze na ukazatele digitálních motorových veličin.

Oproti dřívějším verzím letadel Airbus je A320 vybavena systémem ECAM (Electronic Centralised Aircraft Monitor). Systém monitoruje parametry letadla. V případě že se vyskytne závada, systém jí vyhodnotí a podá o tom pilotovi zprávu. Zpráva se zobrazí na spodním displeji. Na něm se automaticky vyvolá schéma daného systému s chybou a následně připraví postup pro její vyřešení. Pilot může kontrolovat, zda řešení probíhá správně, jednotlivé kroky se mu postupně umazávají.

Sedadla pilota jsou podle mnohých pilotů nepřekonatelná, a stížnosti často vedou k osvětlení podložky a držáku mapy u dříve vyrobených modelů.

Vývojáři společnosti Airbus se snaží veškeré zobrazovací a ovládací prvky seskupovat tak, aby byly pořád viditelné v zorném úhlu pohledu obou pilotů. To však lze charakterizovat jako rušení pohledu a pozornosti na primární displeje.

Pod palubní deskou jsou umístěné zásuvný stolek pro práci s různými pomůckami a doklady nebo pro jídlo.





Takovéto zobrazení vyžaduje databázi detailních výškových map terénu a databázi ostatních důležitých objektů. Letoun musí být vybaven přijímačem GPS, k získání informací o přesné poloze letadla a také musí splňovat přístrojové požadavky, které by dokázaly takto složitý model vykreslit.

Zdroje těchto databází jsou jednak společnosti zabývající se výrobou primárních letových displejů, které mají vlastní databáze a výškové mapy. Jako dalšími zdroji k bezplatnému využívání slouží například databáze SRTM. Ta byla sestavena v roce 2000 v průběhu mise amerického raketoplánu nazvané Shuttle Radar Topography Mission. Raketoplán byl vybaven dvojicí radarů, jenž snímali zemský povrchy v rozsahu mezi 60° severní a 56° jižní zeměpisné šířky. Databáze obsahuje celkem 80 % veškerého zemského povrchu s výjimkou Ruska a část Kanady, Aljašky, Skandinávie, Grónska a Antarktidu.



Obr. 7.2. Synthetic Vision System

### 7.3 Tunel v obloze

Jednou z dalších možných inovací v kokpitu letadla a tím i přispění k větší informovanosti pilota o pozici letadla vůči zemi, je zakreslení tzv. oken do trajektorie letu. První myšlenka takového systému se objevila v padesátých letech. Avšak první realizace mohla začít až příchodem GPS a pokrokem ve vývoji displejů, zejména pak v devadesátých letech se tomuto konceptu začala přikládat dostatečná pozornost.

Implementace zobrazení tunelu může být v různých tvarech a rozměrech. Varianta, která je nejčastější, je podobná oknům, které jsou seřazeny za sebou. Rozestup oken je konstantní po celé zamýšlené dráze letu. Okno může být realizováno ve tvaru obdélníku, elipsy nebo kruhu.



### **7.3.1 Realizace letu**

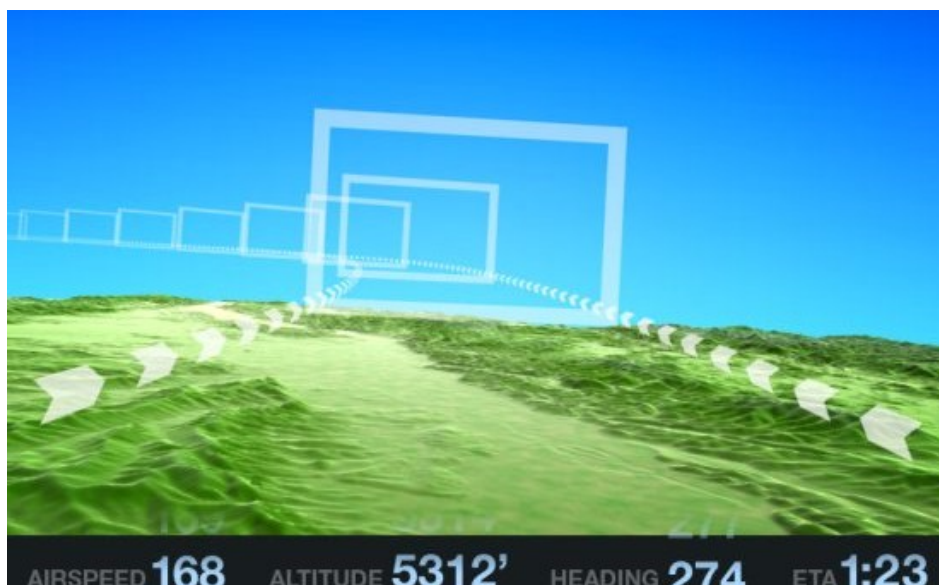
Pilot se v průběhu letu snaží těmito okny prolétávat a tím se udržet ve vytýčené trajektorii letu, který mu byl přidělen. Postupně pilot s letadlem prolétává jednotlivá okna až do cílové destinace. Velikosti a ani poloha oken není zvolena náhodou. Situace, která přímo souvisí s využitím toho systému je situace při přiblížení na přistání, při které je bezprostředně nutné dodržovat vytýčenou dráhu letu, k vyvarování se střetu s jiným provozem.

### **7.3.2 Okno, jeho rozměr a pozice**

Rozměr je zvolen kompromisem, jenž jasně pilotovi označuje optimální trajektorii letu menšími okny a také svým rozměrem definuje pilotovi jasnou představu o velikosti jeho vychýlení z dráhy.

Pozice jednotlivých oken je další parametr, který je nutné stanovit, jelikož jejich rozmístění, jak bylo řečeno, není náhodné. K rozmístění oken jsou definované tři postupy. Umístěním oken na pozici otočných bodů je první přístup. Avšak tyto body jsou od sebe poměrně dosti vzdálené a pilot by neměl představu po celý časový interval od bodu k bodu, zda letí správně. Jedinou možností kdy tento přístup využít je spojit hrany jednotlivých oken a tím vytvořit imaginární tunel. Pilot však nemá v tomto případě představu o vzdálenostech. Dalším způsobem, který je v praxi hojně rozšířen je rozestup oken v konstantních vzdálenostech. Tato pravidelnost v rozestupech podává pilotovi přesně informace o aktuální poloze vůči své zamýšlené trajektorii letu. Další, třetí, přístup je obdobný jako předchozí, s tím rozdílem že místo rozestupů určených vzdáleností, jsou okna rozmístěna na základě předpovídaných časů průletu daných bodů.

Pokud by pilot letěl pouze s představou o prolétávání oken, docházelo by k případům, že okno by se nacházelo na otočných bodech a tedy ke zlomu trajektorii letu. Proto se vytyčuje křivka (spline), procházející těmito okny, která má za cíl tyto lomy minimalizovat a nahradit trajektorii ve tvaru lomené úsečky v plynulejší trajektorii.



*Obr. 7.3. Zobrazení tunelu v obloze na navigačním displeji*

## 7.4 Electronic Fly Bag

Electronic Fly Bag je systém, který přispívá k nahrazení papírové dokumentace a tím i k usnadnění práce pilota. EFB je počítač s uloženou dokumentací o letadle v elektronické podobě, která nahrazuje obrovské množství papírů na palubě, ve kterých musel pilot s velkými obtížemi hledat potřebné údaje. Zařízení EFB se dělí do tří kategorií podle předpisů JAA/FAA:

- 1. kategorie – přenosný (notebook, tablet, PDA)
- 2. kategorie – přenosný s možností připojení v kokpitu (tablety)
- 3. kategorie – instalovaný v rámci avionického systému letadla (vestavený systém)

Kategorie 2 a 3 musí být při instalování do letadla schválená leteckým úřadem. Schvalování je povinné pouze z důvodů bezpečnosti, že zařízení EFB po instalování do kokpitu nebude nijak ovlivňovat jiné systémy v letadle. Kategorie 1 nemusí být schvalována. V současné době se používají v dopravních letadlech všechny tři kategorie. Vše se odvíjí od pořizovací ceny a provozních nákladech daného zařízení. Ve sportovních letadlech se používá zejména EFB kategorie 1.

Popis poskytovaných služeb jednotlivých kategorií EFB

EFB 1. kategorie mohou poskytovat tyto aplikace:

- výpočty výkonových charakteristik pro vzlet a přistání
- dokumentaci letounu v elektronické podobě
- mapy letišť v elektronické podobě
- výpočty vyvážení a povolené hmotnosti

Do této kategorie spadají notebooky a PC tablety, které jsou přenosné a není možné je nainstalovat do kokpitu. Lze tedy využít notebook nebo PC tablet určený ke komerčnímu používání. Zejména pro sportovní létání se využívá hlavně výhody PC tabletu (váha, velikost).

EFB 2. kategorie mohou poskytovat tyto aplikace:

- výpočty výkonových charakteristik pro vzlet a přistání
- dokumentaci letounu v elektronické podobě
- traťové a letištní mapy v elektronické podobě
- výpočty vyvážení a povolené hmotnosti
- mapy pohybových drah letišť

Electronic Fly Bag kategorie 3, tedy zařízení které je zastavěno v letadle nabízí firma Boeing již od první instalace do letadla 777-200 ER pro společnost KLM. Celý systém se nachází na vnějších stranách pilotní kabiny u nohou pilotů. Skládají se ze zobrazovacích jednotek, a mohou obsahovat tyto aplikace:

- výpočty výkonových charakteristik pro vzlet a přistání
  - aplikace umožňuje vypočítat výkonové parametry (rychlosti) pro vzlet a přistání vzhledem k aktuální vzletové hmotnosti (ATOW – Actual Take Off Weight), ke stavu přistávací a vzletové dráhy, okolní teplotě a tlaku okolí. Pro výpočet lze vzít do úvahy i aktuální stav letadla ze Seznamu minimálního vybavení (MEL).
  - aplikace také umožňuje nastavení vzletového výkonu motorů k optimalizaci spotřeby paliva a v konečném důsledku také náklady na jejich údržbu.
- dokumentaci letounu v elektronické podobě
  - Slouží posádce k vyhledávání informací v platné dokumentaci. Mezi takovou dokumentaci patří – Provozní příručka, Letová příručka, Seznam minimálního vybavení, Příručka pro údržbu.
- mapy v elektronické podobě
  - tato aplikace umožňuje posádce používat elektronické mapy od společnosti Jeppesen – zahrnují mapy traťové, příletové (STAR) a odletové (SID) a letištní mapy. Tyto mapy lze pomocí elektronické tužky zvětšovat a změnovou službu zajišťuje společnost Jeppesen.
- výpočty vyvážení a povolené hmotnosti
  - Aplikace usnadňuje pilotům výpočet Loadsheetu.

- mapy pohybových drah letišť
  - aplikace zobrazuje polohu letadla při pojíždění po pojezdových dráhách letišť, což pilotovi usnadňuje orientaci. Aplikace využívá výstup z GPS.
- Videovýstup
  - aplikace zobrazující aktuální pohled z minikamer, které jsou umístěny venku nebo uvnitř letadla



*Obr. 7.4. EFB 3.kategorie v letadle B737 NG*

## 7.5 Fly By Wire

Název systému je všeobecně přijímáný termín pro systém řízení letu, který používá počítače pro zpracování vstupních požadavků k řízení letu provedené pilotem nebo autopilotem. Tyto vstupy jsou posílány jako elektrické signály k jednotlivým řídicím plochám.

Toto uspořádání nahrazuje mechanické propojení a znamená, že pilot nepohybuje s řídicími plochy přímo, ale že vstupní požadavky jsou odeslány do počítače, který určí velikost výchylky jednotlivých řídicích ploch, aby co nejlépe se dosáhlo pilotových požadavků v rámci letové obálky.

Hlavními výhodami tohoto systému je nízká hmotnost oproti jiným systémům řízení (mechanické, hydro-mechanické), zvýšená spolehlivost a účinnost. Poprvé byl tento systém použit u vojenský stíhaček (1973). Side-stick, Control yokes a centre stick lze použít k řízení pomocí Fly by wire.

### 7.5.1 Side-stick

Je nejnovější způsob řízení letadla, jsou jimi vybavena velká dopravní letadla (A380), ale také malá, typu Piper. Tento způsob řízení se používá pouze k řízení typu FBW. U

jednomístného letadla je většinou umístěn na levé straně (u dvou místných kabin je na vnějších stranách), ovládání tahu motorů (výkonu) je umístěno na levé straně, v případě dvou místného jsou páky motoru umístěné ve středovém panelu mezi piloty.

Výhodou side-sticku je jeho samotné umístění, jelikož je umístěn na stranách kokpitu, nebrání ve výhledu pilota na jednotlivé displeje a zásahům do řízení při přepínání zobrazovacích módů.

### **7.5.2 Control yoke**

Jeho uplatnění bylo zejména ve velkých dopravních letadlech, kde pilot musel při řízení letadla překonávat velké protisíly, a k jejich překonání potřeboval obě ruce. Nástupem hydraulických řízení a Fly by wire, se tyto control yoke, začaly nahrazovat centre stick.

Nevýhoda tohoto řízení je malá rychlost vstupu a působení přetížení. Nicméně yoke jsou mnohem méně citlivější díky velkým výchylkám pohybu a jsou provázeny většími vizuálními zpětnými vazbami na pilota.

### **7.5.3 Centre stick**

Způsob uspořádání pilotní kabiny je konvenční, kde knipl je uprostřed, mezi nohama pilota a na levé straně je ovládání tahu motoru. Tento způsob se může použít jak pro řízení přes mechanické táhla, tak přes systém FBW. Výhodou tohoto řízení je, že ho lze ovládat jak pravou tak levou rukou.

Moderní letadla mají tento centre stick obvykle vybaven dalšími elektronickými řídicími spínači, v dosahu jednotlivých prstů, to také přispívá ke snížení zátěže pilota.

Na systém Fly By Wire existuje mnoho postojů, piloti, kteří létali v klasickém kokpitu, ve kterém ovládal řídicí plochy na letadle přímo, pomocí táhel a kladek, si těžko zvykají na řízení, které ve výsledku ovládá počítač. Často jim chybí protipůsobící síla, kterou nepřímo cítí přes pružiny, zabudované v řídicích pákách a často se potýkají s nedůvěrou vůči automatizaci.

K automatizaci měl jak Boeing, tak Airbus svůj vlastní přístup. Airbus jako průkopník tohoto řízení, který tento systém poprvé představil v letadle A320, měl filozofii takovou, že pilotovi systém neumožní za žádné situace překročení letové obálky, tedy že pilot nemůže dosáhnout výkonnostních limit daného letadla. Ale v případě selhání počítačových systémů v A320 má pilot k dispozici mechanický záložní systém pro řízení výškovky a směrovky.

A340 má elektrický záložní systém spolu s mechanickým systémem a u letadla A380 jsou pouze elektrické záložní systémy.

Na druhé straně, společnost Boeing, věří, že pilot by měl mít konečné slovo. Znamená to, že na dopravních letadlech Boeing, pilot může překročit letovou obálku daného letadla, nebude tedy nijak omezován v případě nouze.

## **8 Hodnocení cílů**

V bakalářské práci byl popsán vývoj grafického modelu pilotní kabiny. Následně také popsán vývoj od klasické kabiny s analogovými přístroji ke kabině typu glass kokpit s digitálními přístroji a indikátory. V této práci jsou také zmíněny novinky v oblasti kabiny letadla, které již jsou zavedeny anebo v blízké době budou.

## 9 Závěr

Na závěr je nutné podotknout, že odlišnosti v pilotní kabině a její rozložení a velikosti je přímo závislá na celkovém chápání pilotových požadavků ze strany společnosti, která dané letadlo navrhuje a staví. V současné době na trhu figurují zejména dva největší výrobci letadel (Boeing a Airbus), kteří udávají směr vývoje, ovšem každý trochu jiným směrem. Proto jsem pro tuto bakalářskou práci zvolil právě tyto dva. Je nutné také říct, že veškeré vybavení pilotní kabiny se také odvíjí na požadavcích objednavatele u výrobce, ve výsledku to znamená, že i A320, stará 26 let může obsahovat to nejmodernější, co současný letecký průmysl nabízí.

Při zpracovávání bakalářské práce, docházelo při porovnávání informací z různých zdrojů k protichůdným názorům. Proto při takto obsáhlé problematice nelze vycházet pouze z teoretické části nýbrž i z praktické ze strany pilotů. Tato práce představuje pouze souhrn informací, nikoliv podrobný přehled ergonomické problematiky.



## 10 Seznam použitých zdrojů

- [1] <http://www.scribd.com/doc/82175951/111/Upgrade-of-%E2%80%98Classic%E2%80%99-aircraft-flight-decks> (2012-03-26)
- [2] <http://en.wikipedia.org/wiki/Cockpit> (2012-03-26)
- [3] [http://en.wikipedia.org/wiki/Flight\\_instruments#Basic\\_Six](http://en.wikipedia.org/wiki/Flight_instruments#Basic_Six) (2012-03-26)
- [4] <http://www.flightsim.cz/article.php?id=53> (2012-03-27)
- [5] <http://www.aeroweb.cz/print.asp?ID=2924> (2012-03-27)
- [6] <http://vztlak.net/Profily-a-testy/Letouny/Airbus-Boeing-z-pohledu-pilota>
- [7] Beňo L.; Dzvoník O., Ľudské faktory v letectve – Letecká psychológia – možnosti a obmedzenia jej aplikácie v leteckých systémoch, Žilinská univerzita 2004, ISBN 80-8070-276-4
- [8] Draxler K., a kolektiv, Studijní model 5 – Digitální technologie/elektronické přístrojové systémy, CERM, s. r. o. Brno 2003, ISBN 80-7204-311-0
- [9] Kolektiv autorů: Učebnice pilota. Svět křídel, PBtisk Příbram 2008, ISBN 978-80-86808-46-8
- [10] Kříž Josef; Blaško Peter, Teoretický a praktický výcvik v létání – Metodika výcviku na letovém simulátoru, Alfa, Bratislava 1987, ISBN 63-718-87
- [11] <http://www.airbus.com/company/history/the-narrative/fly-by-wire-1980-1987/x> (2012-03-05)
- [12] <http://www.airbus.com/company/history/the-narrative/technology-leaders-1977-1979/> (2012-03-05)
- [13] [http://www51.honeywell.com/aero/IndustryExpertise/BusinessAviation3/Primus\\_Epic.html?c=32a](http://www51.honeywell.com/aero/IndustryExpertise/BusinessAviation3/Primus_Epic.html?c=32a) (2012-03-08)
- [14] <http://www.designtech.cz/c/plm/ergonomicky-navrh-kabiny-1-dil.htm> (2012-02-09)
- [15] <http://www.designtech.cz/c/plm/navrh-kabiny-letounu-2-dil.htm> (2012-02-09)
- [16] <http://www.designtech.cz/c/plm/kabiny-letounu-ceske-konstrukce-3-dil.htm> (2012-02-09)
- [17] <http://www.smartcockpit.com/pdf/plane/boeing/B737/systems/0022/> (2012-05-15)
- [18] <http://www.smartcockpit.com/pdf/plane/airbus/A320/systems/0028/> (2012-04-29)
- [19] <http://www.smartcockpit.com/pdf/plane/airbus/A320/systems/0038/> (2012-04-29)
- [20] <http://www.scribd.com/doc/6819362/Airbus-A320330-Panel-Documentation> (2012-04-30)

- [21] [http://www.simpit.de/a320dim/page\\_02.htm](http://www.simpit.de/a320dim/page_02.htm) (2012-05-15)
- [22] <http://ekokpit.com/files/BOE%C4%B0NG%20737%20KOKP%C4%B0T%20YAPIM%20I.pdf> (2012-05-14)